

IPC-7525A

Руководящие указания по конструированию трафаретов

(Перевод на русский язык)

Примечание: настоящий перевод распространяется только с официальной версией на английском языке. Регулирующей версией является версия на английском языке. В случае разночтений необходимо руководствоваться версией на английском языке.

Разработан проблемной группой (5-21е) по конструированию трафаретов комитета (5-20) по сборке и процессам пайки IPC

Замещает:
IPC-7525 - Май 2000

Перевод выполнен:
ЗАО Предприятие ОСТЕК
121467, РФ, г. Москва,
ул. Молдавская, д.5, стр.2
тел.: (495) 788-44-44
факс: (495) 788-44-42
E-mail: info@ostec-smt.ru
Интернет: www.ostec-smt.ru

Содержание

Руководящие указания по конструированию трафаретов

1 НАЗНАЧЕНИЕ

В руководстве изложены принципы проектирования и производства трафаретов для паяльных паст и клеев, применяемых при поверхностном монтаже, в виде общих методических рекомендаций, содержание которых основано на опыте конструкторов трафарета, его изготовителей и пользователей. Производительность трафаретной печати зависит от множества различных переменных, поэтому невозможно установить единый набор правил конструирования трафаретов.

1.1 Термины и определения Все термины и определения в данном руководстве отвечают стандарту IPC-T-50. Определения, отмеченные далее звездочкой (*), приведены по IPC-T-50. Остальные частные термины и определения, необходимые при обсуждении данной тематики, приводятся ниже.

1.1.1 *Апертура Отверстие в фольге трафарета.

1.1.2 *Отношение ширины к толщине

Отношение ширины апертуры к толщине фольги трафарета

1.1.3 *Отношение площадей Отношение площади отверстия апертуры к площади стенок апертуры

1.1.4 Сетка для натяжения Сетка с внешним натяжением, выполняется из полиэстера или нержавеющей стали, обеспечивает натяжение и плоскостность фольги трафарета. С помощью сетки для натяжения осуществляется прикрепление фольги к раме.

1.1.5 Головка для нанесения пасты *типа ProFlow (примечание переводчика)* Выполнена в виде единого сменного узла, устанавливаемого вместо механизма перемещения ракелей автомата трафаретной печати, в состав которой входят лезвия ракелей и герметичная камера для паяльной пасты.

1.1.6 Коэффициент бокового подтравливания Коэффициент бокового подтравливания = Глубина травления / Размер бокового подтравливания в процессах химического травления.

1.1.7 Реперные знаки Специальные знаки, выполненные на фольге трафарета (и на других слоях платы) для совмещения рисунка печатной платы и апертур трафарета при использовании системы технического зрения.

1.1.8 BGA с малым шагом / Корпуса Chip Scale Package (CSP) Компоненты с шариковыми выводами Ball Grid Array с шагом менее 1,0 мм. Встречаются также, под названием Chip Scale Package (CSP), в тех случаях, когда размер корпуса не превышает площадь исходного кристалла более чем в 1,2 раза.

1.1.9 *Технология монтажа компонентов с малым шагом (FPT) Технология поверхностного монтажа, при которой расстояние между центрами соседних выводов компонентов меньше либо равно 0.625 мм.

1.1.10 Фольга Листовой металл, используемый при изготовлении трафаретов.

1.1.11 Рама Может быть изготовлена из трубчатого профиля или литого алюминия, к которым с помощью клея крепится натянутая сетка. Фольга прикрепляется к сетке. Некоторые виды фольги могут быть установлены в раму с элементами многократного натяжения фольги и без применения сетки или фиксирующего приклеивания фольги к раме.

1.1.12 *Интрузивная пайка Интрузивная пайка известна также, как пайка типа «паста в отверстии», «вывод в отверстии» или «вывод в пасте». Представляет собой процесс, в котором паста для компонентов, монтируемых в сквозные отверстия, наносится с применением трафарета. Установленные на пасту выводные компоненты подвергаются пайке оплавлением вместе с компонентами поверхностного монтажа.

1.1.13 * Контактная площадка Участок проводящего рисунка, обычно используемый для присоединения или прикрепления компонентов.

1.1.14 Модификация Процесс изменения размеров или формы апертуры.

1.1.15 *Избыточная печать Применение трафаретов, апертуры которых превышают размер площадок на плате.

1.1.16 * Площадка. См. Контактную площадку.

1.1.17 *Ракель Металлическое или полиуретановое лезвие, которое, перемещаясь по поверхности трафарета или сетчатого трафарета, продавливает материал (чернила или паяльную пасту) сквозь отверстия в трафарете на поверхность печатной платы или структуры поверхностного монтажа. Обычно ракель монтируется под таким углом, чтобы печатающий край ракеля шел позади печатающей головки, а рабочая поверхность ракеля была наклонена вперед.

1.1.18 Стандартный компонент BGA Компонент с матрицей шариковых выводов с шагом 1,0 мм или больше.

1.1.19 *Трафарет Тонкий лист материала, содержащий отверстия, отражающие определенный рисунок, предназначенный для переноса пастообразного материала на основание печатной платы для прикрепления компонентов.

1.1.20 Ступенчатый трафарет Трафарет, имеющий более одного уровня толщины фольги.

1.1.21 *Технология поверхностного монтажа (ТПМ) Создание электрических соединений компонентов с контактными площадками печатных плат без применения монтажных отверстий.

1.1.22 *Технология монтажа в отверстия (ИМО) Создание электрических соединений компонентов с контактными площадками печатных плат с применением монтажных отверстий.

Рисунки

Таблицы

1.1.23 Технология монтажа компонентов со сверхмалым шагом Технология поверхностного монтажа, в которой расстояние между центрами выводов компонентов меньше либо равно 0,4 мм.

2 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДОКУМЕНТЫ

2.1 IPC[1]

IPC-T-50 Термины и определения по сборке и монтажу электронных схем

IPC-2581 Обобщенные требования к форматам данных для описания производства сборочных печатных плат и методология их передачи (Переиздание)

IPC-7095 Проектирование и реализация процессов сборки с применением компонентов BGA

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАФАРЕТА

3.1 Данные трафарета

3.1.1 Формат данных Независимо от применяемого метода изготовления трафарета предпочтительным является формат данных Gerber®. Возможной альтернативой могут служить форматы IPC-2581, DXF, HP-GL, Barco, ODB++ и т.д.; однако их, возможно, придется преобразовать в формат Gerber® до начала процесса производства трафаретов.

Данные Gerber® описывают формат файла, который определяет язык взаимодействия с фотоплоттером при производстве оснастки для химического травления трафаретов. Он также применяется при лазерной резке трафаретов или для трафаретов получаемых методом гальванопластики. Хотя реальный формат данных и может изменяться от файла к файлу в зависимости от проектировщика или применяемого пакета программ, формат данных Gerber®, обычно используемый фотоплоттерами и лазерным оборудованием, является общепринятым .

3.1.2 Формат Gerber® Имеется два стандартных формата Gerber®:

- RS-274X – в этом широко распространенном формате апертурный список Gerber® встроен в файл данных.
- RS-274D – требует файл данных с перечнем координат X-Y размещения и формирования апертур на плате, и отдельный апертурный список Gerber®, в котором описаны размеры и формы различных апертур Gerber®, используемых при подготовке образа.

3.1.3 Апертурный список Апертурный список представляет собой текстовый файл ASCII, содержащий D-коды, определяющие размер и форму всех апертур, используемых в файле Gerber®. Без апертурного списка программное обеспечение и фотоплоттер не смогут прочесть данные Gerber®. Доступными будет только координаты X-Y без указания данных о размере и форме.

3.1.4 Слой паяльной пасты Данные о нанесении слоя паяльной пасты необходимы для изготовления трафарета. Если на трафарете должны быть реперные знаки и/или общие сведения, их тоже следует включить в слой паяльной пасты.

3.1.5 Передача данных Данные можно передать поставщику трафаретов с помощью модема, по FTP (протокол передачи файлов), в приложении к электронной почте или на диске. Для обеспечения целостности данных после передачи и из-за больших размеров файлов с данными желательно их сжать перед отправкой. Рекомендуется файл с полным массивом данных (слой паяльной пасты, слой паяльной маски, слой шелкографии и слой металлизации), отправляемый производителю печатных плат, предоставлять также и производителю трафаретов. Тогда он сможет дать рекомендации или оптимизировать размеры апертур с учетом реальных размеров контактных площадок для позиционирования компонентов поверхностного монтажа.

3.1.6 Панелизация трафаретов В случаях, когда желательно разместить более одного образа на трафарете, рисунок трафарета должен быть панелизирован (мультиплицирован) и включен в файл данных.

3.1.7 Мультиплицирование В случае необходимости печати нескольких одинаковых образов файл данных для изготовления трафарета должен содержать его схему мультиплицирования. Если в файле данных не содержится схема мультиплицирования, следует указать в файле readme, на чертеже платы или в заказе следующие сведения:

- Общее количество модулей мультиплицированной платы
- Количество модулей в направлении X с расстояниями между характерными элементами (реперными знаками, положениями площадок компонентов и т.д.).
- Количество модулей в направлении Y с расстояниями между характерными элементами (реперными знаками, положениями площадок компонентов и т.д.).

3.1.8 Ориентация / поворот образа В случаях, когда ориентация образа не параллельна раме или мультиплицирование не является прямолинейным (один и более образов повернуты), данные для изготовления трафарета должны включать ориентацию образа. Если этого нет, то в файле readme, на чертеже платы или в заказе следует указать эту информацию (смещения по X и Y) относительно элементов трафарета.

3.1.9 Положение образа Для учета особенностей устройств трафаретной печати может возникнуть необходимость поместить образ трафарета в различном положении относительно рамы:

(a) по центру образа

(b) по центру платы/панели – требуются контуры платы/панели

(c) со смещением относительно платы/панели – требуются контуры платы/панели и база отсчета

1. www.ipc.org

Если эти сведения не включены в данные Gerber®, их следует указать в файле readme, на чертеже платы или в заказе, привязав к топологии трафарета.

3.1.10 Идентификация Трафарет должен сопровождаться идентификационной информацией - номер изделия, номер модификации, толщина, наименование изготовителя и контрольный номер, дата и метод изготовления.

3.2 Конфигурация апертуры Условия пунктов 3.2.1.2 можно применять к трафаретам с оловянно-свинцовой или бессвинцовой паяльной пастой. Пункты с 3.2.2 по 3.2.2.7 дают рекомендации по трафаретам, использующим оловянно-свинцовую паяльную пасту. В пунктах с 3.2.3 по 3.2.3.7 приведены рекомендации по трафаретам, использующим бессвинцовую паяльную пасту. В пункте 3.2.4 приведена информация по апертурам с клеем для чип-компонентов, а в пункте 3.2.5 - по апертурам с клеем для комбинации чип-компонентов и устройств с выводами.

3.2.1 Размер апертуры Объем паяльной пасты, наносимой на плату, определяется в основном размером апертуры и толщиной фольги трафарета. Паяльная паста заполняет апертуру трафарета в процессе прохода ракеля при трафаретной печати. Для апертур малых размеров могут потребоваться частицы паяльной пасты меньших размеров. Стандартной рекомендацией является не менее 4-5 частиц порошка пасты на заполнение ширины апертуры. Паста должна полностью остаться на контактных площадках после разделения платы и трафарета. Со стороны трафарета, способность пасты отделиться от внутренних стенок апертуры зависит от следующих основных факторов:

(1) отношения площадей и отношение ширины к толщине апертуры

(2) геометрии боковых стенок апертуры

(3) шероховатости стенок апертуры

(4) скорости разделения платы и трафарета

3.2.1.1 Положение апертуры Положение апертуры в трафарете важно знать для того, чтобы паяльная паста могла быть нанесена на контактные площадки печатной схемы без нарушения приводки по отношению к площадке. Рекомендуемое несовпадение должно быть менее 0.00254 мм на каждые 25.4 мм схемы апертур или 0.0254 мм (1 mil), в зависимости от того, какая из этих величин больше. В основном, большинство бессвинцовых паяльных паст не смачивают площадки, так же как и оловянно-свинцовые пасты. Если часть площадки остается непокрытой паяльной пастой в процессе печати, она останется непокрытой и после оплавления. Поэтому очень важно точно совместить апертуры трафарета с площадками платы.

3.2.1.2 Отношение площадей / Отношение ширины к толщине. Общей рекомендацией для приемлемого отделения пасты являются значения >1,5 для отношения ширины к толщине апертуры и >0,66 для отношения площадей. Достижения в технологии изготовления трафаретов

Таблица 3-1 Примеры общих рекомендаций по конфигурации апертур для отдельных компонентов поверхностного монтажа (оловянно-свинцовая паяльная паста)

Тип компонента	Шаг	Ширина контактн. площадки	Длина контактн. площадки	Ширина апертуры	Длина апертуры	Диапазон толщины фольги трафарета	Область[2] отношений ширина /толщина	Диапазон отношений площадей
PLCC	1.25 мм [49.2 мил]	0.65 мм [25.6 мил]	2.00 мм [78.7 мил]	0.60 мм [23.6 мил]	1.95 мм [76.8 мил]	0.15-0.25 мм [5.91-9.84 мил]	2.4-4.0	0.92-1.53
QFP	0.65 мм [25.6 мил]	0.35 мм [13.8 мил]	1.50 мм [59.1 мил]	0.30 мм [11.8 мил]	1.45 мм [57.1 мил]	0.15-0.175 мм [5.91-6.89 мил]	1.7-2.0	0.71-0.83
QFP	0.50 мм [19.7 мил]	0.30 мм [11.8 мил]	1.25 мм [49.2 мил]	0.25 мм [9.84 мил]	[1.20 мм] 47.2 мил	0.125-0.15 мм [4.92-5.91 мил]	1.7-2.0	0.69 - 0.83
QFP	0.40 мм [15.7 мил]	0.25 мм [9.84 мил]	1.25 мм [49.2 мил]	0.20 мм [7.87 мил]	[1.20 мм] 47.2 мил	0.10-0.125 мм [3.94-4.92 мил]	1.6 - 2.0	0.69 - 0.86
QFP	0.30 мм [11.8 мил]	0.20 мм [7.87 мил]	1.00 мм [39.4 мил]	0.15 мм [5.91 мил]	0.95 мм [37.4 мил]	0.075-0.125 мм [2.95-3.94 мил]	1.2 - 2.0	0.52 - 0.86
0402	Не указано	0.60 мм [19.7 мил]	0.65 мм [25.6 мил]	0.45 мм [17.7 мил]	0.60 мм [23.6 мил]	0.125-0.15 мм [4.92-5.91 мил]	Не указано	0.86 - 1.03
0201	Не указано	0.4 мм [9.84 мил]	0.45 мм [15.7 мил]	0.23 мм [9.06 мил]	0.35 мм [13.8 мил]	0.075-0.125 мм [2.95-4.92 мил]	Не указано	0.56 - 0.93
01005	Не указано	0.200 мм [7.87 мил]	0.300 мм [11.81 мил]	0.175 мм [6.89 мил]	0.250 мм [9.87 мил]	0.063 – 0.089 мм [2.5 – 3.5 мил]	Не указано	0.58 – 0.81
BGA	1.25 мм [49.2 мил]	круг 0.55 мм [21.6 мил]		круг 0.52 мм [20.45 мил]		0.15-0.20 мм [5.91-7.87 мил]	Не указано	0.65 – 0.86
BGAс мелким шагом	1.00 мм [39.4 мил]	круг 0.45 мм [15.0 мил]		квадрат 0.42 мм [13.8 мил]		0.115-0.135 мм [4.53-5.31 мил]	Не указано	0.65 – 0.76
BGA с малым шагом	0.50 мм [19.7 мил]	круг 0.25 мм [11.8 мил]		квадратный оттиск 0.28 мм [11.0 мил]		0.075-0.125 мм [2.95-4.92 мил]	Не указано	0.56 – 0.93

Примечание:
1. Предполагается, что площадки BGA не ограничены паяльной маской.
2. «Не указано» означает, что надо учитывать только отношение площадей.

(чистовая обработка, использование гальванопластики) может привести к снижению рекомендуемых величин отношений. Эти отношения повлияют на способность отделения паяльной пасты. Графики на рисунках с 3-1 по 3-4 могут стать полезным руководством для выбора надлежащей технологии изготовления трафарета по данным размерам апертур и отношениям площадей для трафаретов толщиной 4, 5, 6 и 8 мил. Эти графики применимы как к оловянно-свинцовым, так и к бессвинцовым паяльным пастам.

Обратите внимание, что на рисунках с 3-1 по 3-4 отображены общие рекомендации по конфигурации, основанные на отношении площадей. Следует признать, что на сегодняшний день в промышленности используется широкое разнообразие трафаретов, изготовленных с помощью гальванопластики, лазерной резки, химического травления и высокоточной обработки. Вполне возможно, что некоторые трафареты, изготовленные с помощью гальванопластики, не будут показывать максимальную производительность, имея отношение площадей в интервале 0.5 … 0.66. С другой стороны, возможен случай, что трафареты с использованием лазерной резки с последующей обработкой будут лучше всего работать, имея отношение площадей именно в интервале 0.5 … 0.66. Подобным образом, возможен вариант, что некоторые трафареты с химическим травлением, использующие высокоточную обработку, окажутся наиболее эффективными при отношении площадей 0.66 …0.9.

Для того чтобы при отделении трафарета от платы паста полностью осталась на контактных площадках платы и не прилипала к боковым стенкам апертур необходимо, чтобы поверхность контактной площадки была больше 0,66 площади внутренних стенок апертуры (для трафаретов, изготовленных с использованием лазера или гальванопластики).

Величины отношения площадей и отношения ширины к толщине проиллюстрированы на рисунке 3-5, с использованием формулы, приведенной под рисунком.

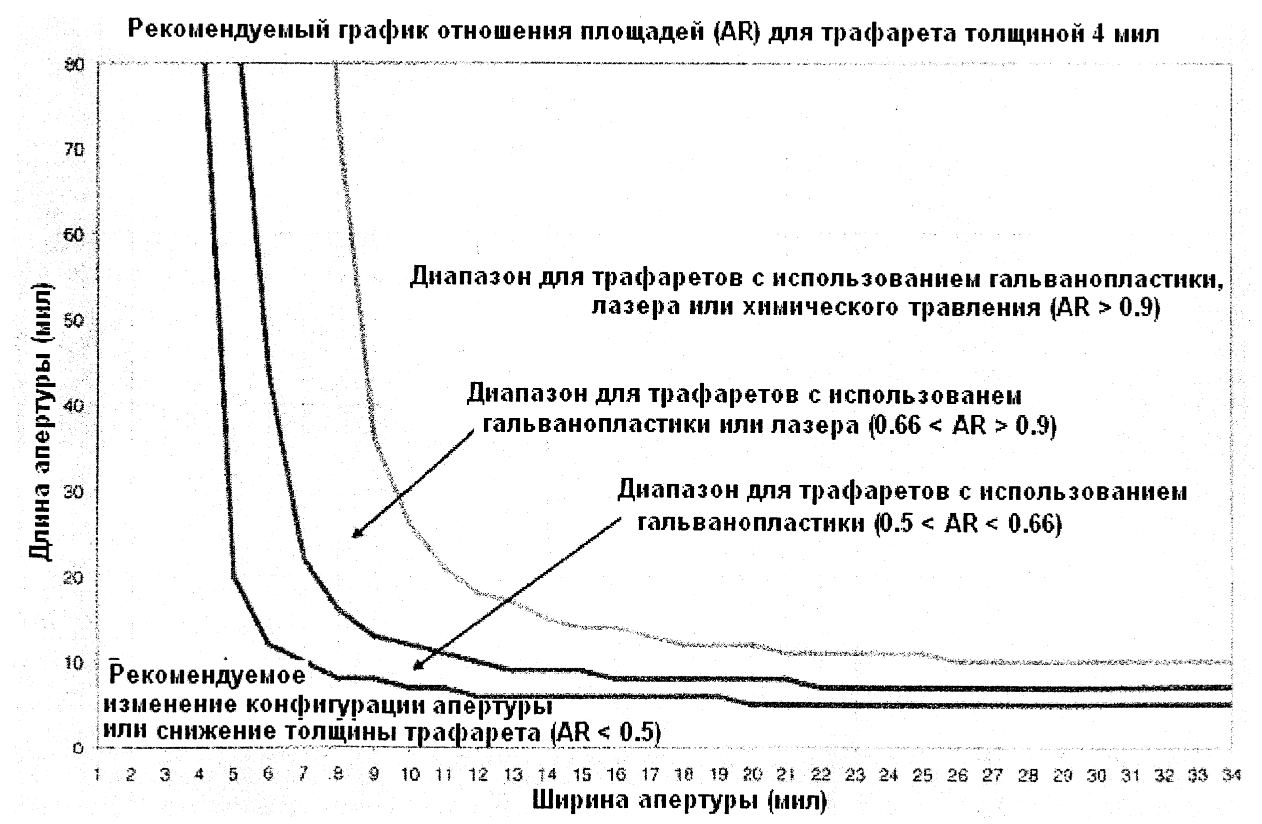


Рисунок 3-1 Рекомендуемый график отношения площадей для трафарета толщиной 4 мил

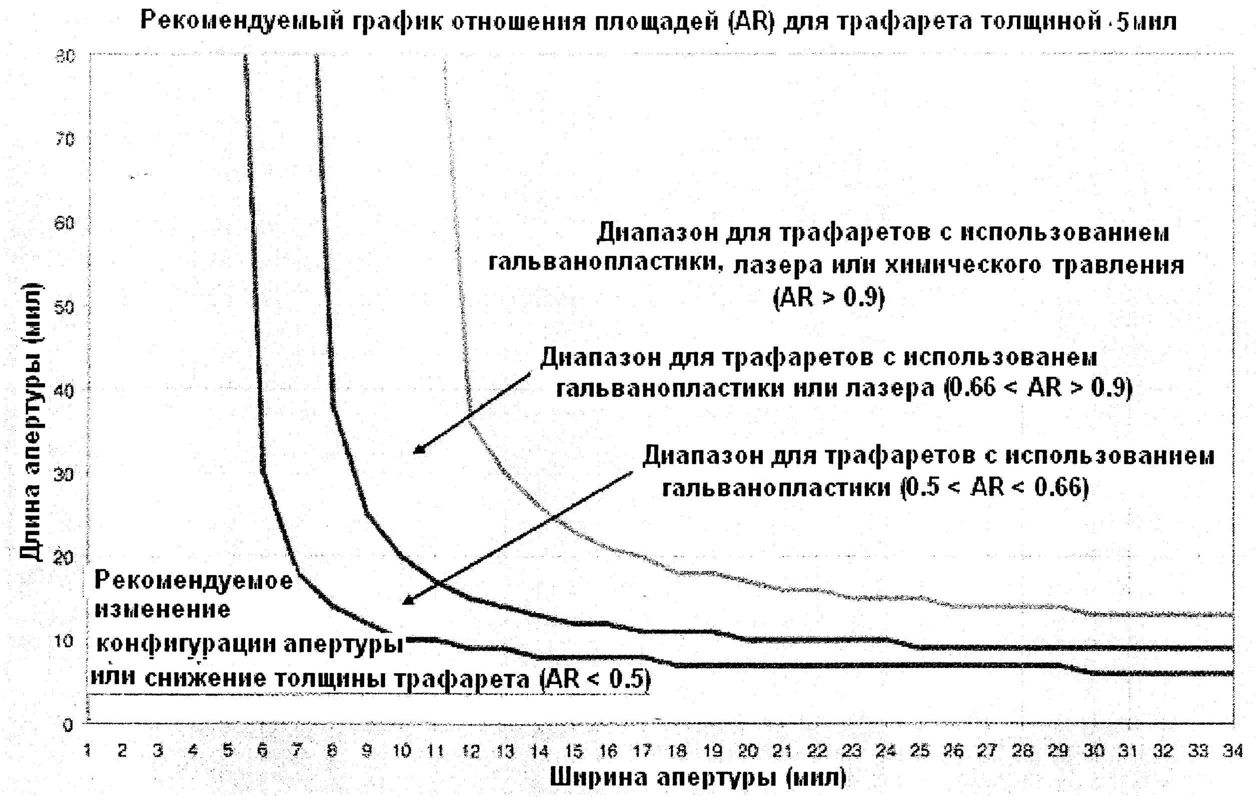


Рисунок 3-2 Рекомендуемый график отношения площадей для трафарета толщиной 5 мил

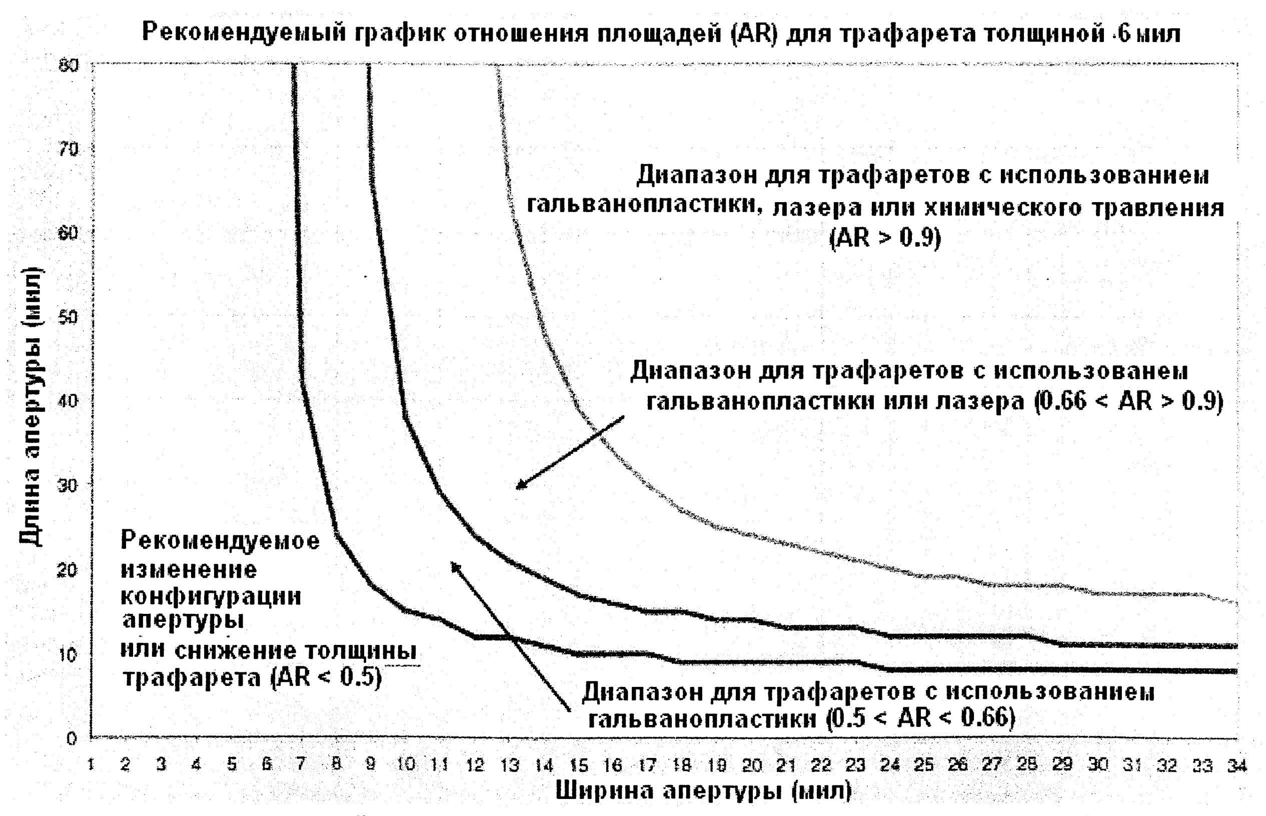


Рисунок 3-3 Рекомендуемый график отношения площадей для трафарета толщиной 6 мил

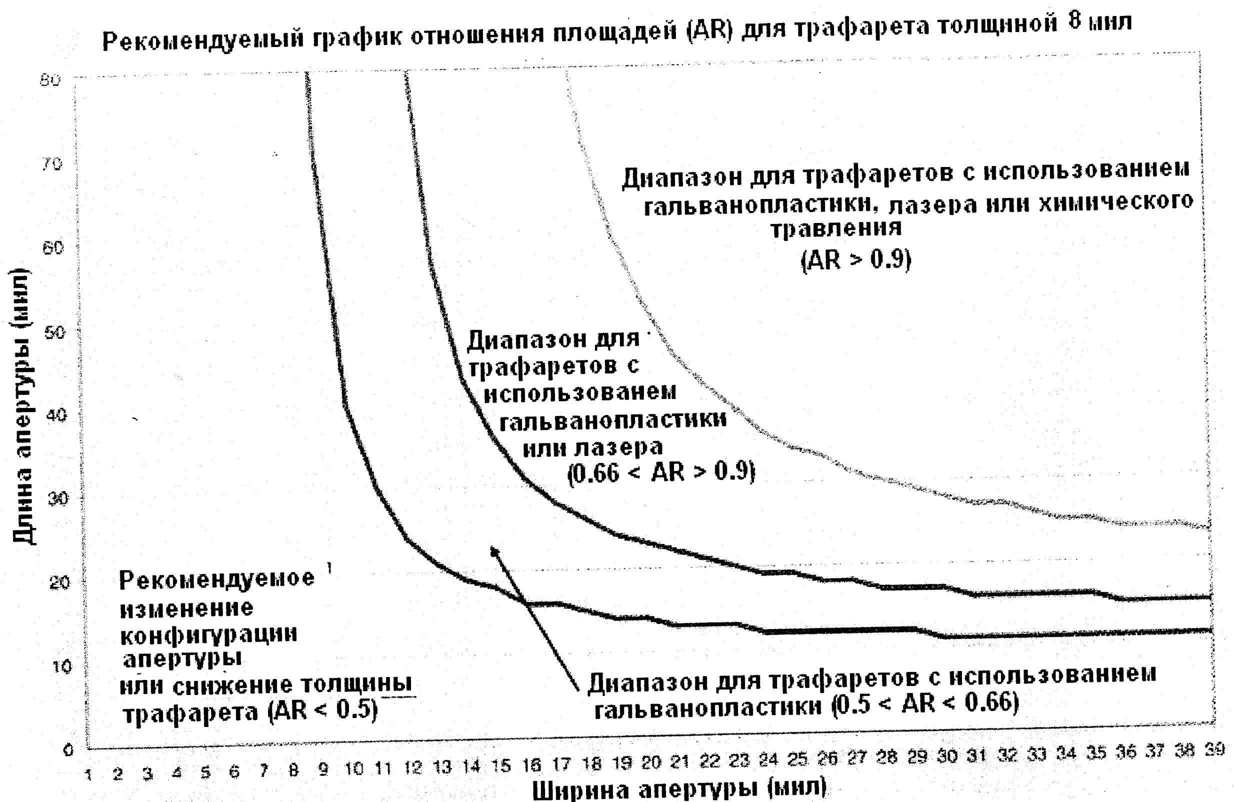


Рисунок 3-4 Рекомендуемый график отношения площадей для трафарета толщиной 8 мил

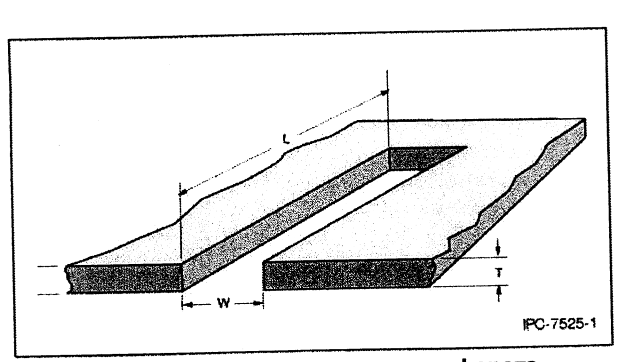


Рисунок 3- 5 Поперечное сечение трафарета

$$\text{Отношение ширины к толщине} = \frac{\text{Ширина апертуры}}{\text{Толщина шаблона}} = \frac{W}{T}$$

$$\text{Отношение площадей} = \frac{\text{Площадь площадки}}{\text{Пл. стенок апертуры}} = \frac{L \times W}{2 \times (L+W) \times T}$$

3.2.2 Размер апертуры относительно размеров площадки платы для оловянно-свинцовой паяльной пасты Рекомендуется уменьшать размер апертуры по отношению к размеру контактной площадки на плате. Обычно апертура трафарета видоизменяется по отношению к исходной конфигурации площадки. Часто уменьшение площади или изменения формы апертуры являются желательными для улучшения процессов трафаретной печати, оплавления или очистки трафарета. Например, уменьшение размера апертуры снижает вероятность ее несовпадения с площадкой на плате. Таким образом, можно предотвратить нанесение паяльной пасты за пределы контактной площадки и избежать образования шариков и мостиков припоя. Закругление углов всех апертур способствует лучшей очистке трафарета.

3.2.2.1 Компоненты поверхностного монтажа с выводами Для компонентов поверхностного монтажа (ПМИ) с выводами, например, компоненты J-типа или типа «крыло чайки» с шагом 1,3-0,4 мм, уменьшение обычно составляет 0,03 – 0,08 мм по ширине и 0,05-0,13 мм по длине.

3.2.2.2 Пластиковые BGA Уменьшение диаметра круглой апертуры составляет 0,05 мм.

3.2.2.3 Керамические BGA Корпуса керамических BGA требуют определенного объема паяльной пасты для обеспечения долговременной надежности паяного соединения. Для компонентов с шариковыми выводами требуется больший объем пасты, чем для компонентов со "столбчатыми" выводами. Обратитесь к стандарту IPC-7095 для ознакомления с требованиями по объему пасты для этих корпусов.

3.2.2.4 BGA с малым шагом и CSP Квадратная апертура со стороной квадрата равной или на 0,025 мм меньшей, чем диаметр площадки на плате. Квадраты должны иметь скругленные углы. Рекомендуется скругление углов радиусом 0,06 мм для квадрата 0,25 мм и 0,09 для квадрата 0,35 мм.

3.2.2.5 Чип-компоненты - резисторы и конденсаторы

Для снижения вероятности появления шариков припоя эффективны несколько видов геометрии

апертур. Все эти конфигурации служат для предотвращения вытеснения излишков паяльной пасты под корпус чип-компонента. Самые распространенные из них показаны на рис. 3-6, 3-7 и 3-8. Эти конфигурации апертур обычно используются для процессов без отмывки остатков флюса.

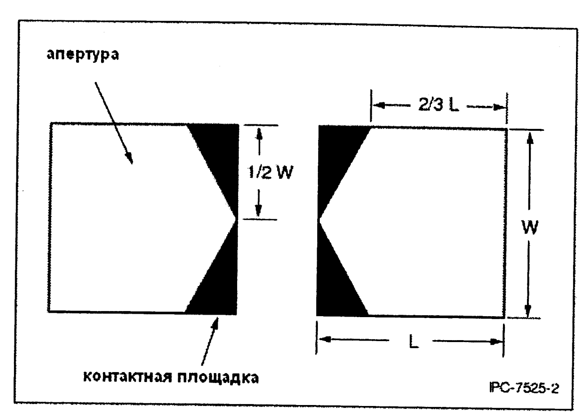


Рисунок 3-6 Конфигурация апертуры типа «Основная база» (термин из игры в бейсбол)

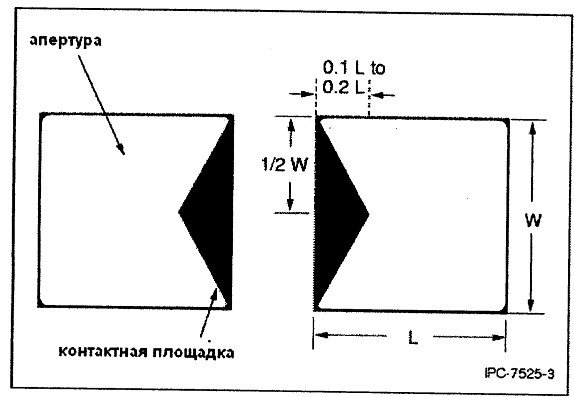


Рисунок 3-7 Конфигурация апертуры "галстук – бабочка"

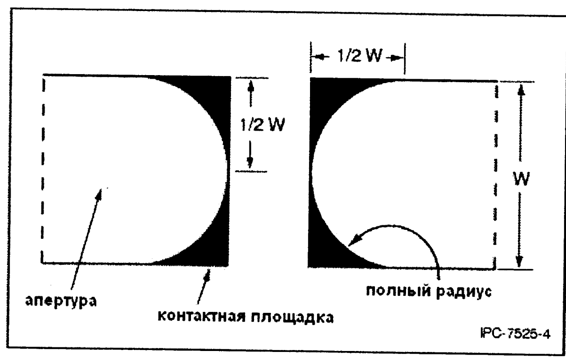


Рисунок 3-8 Конфигурация овальной апертуры

3.2.2.6 Компоненты MELF, Mini-MELF и чип-компоненты Для компонентов MELF и Mini-MELF , а также для чип-компонентов предлагаются апертуры, имеющие форму буквы "C" (см. рисунок 3-9). Но нужно уделить особое внимание предотвращению выскакивания деталей со своих мест перед оплавливанием в силу минимальной поверхности контакта с пастой и из-за вибрации конвейера. Размеры этих апертур должны проектироваться так, чтобы соответствовать геометрии выводов компонента.

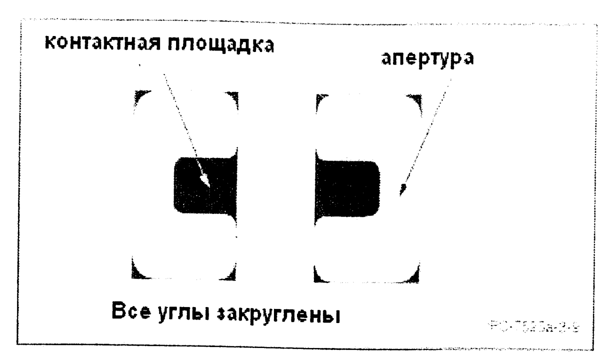


Рисунок 3-9 Конфигурация апертур для компонентов MELF и чип-компонентов

3.2.2.7 Компоненты QFN/LCC Размеры апертуры для площадок с выводами такие же, как и размеры, рекомендованные для QFPs в п.3.1 за исключением угловых апертур. Эти апертуры должны быть в 1.25 - 1.5 раза шире площадок платы, чтобы предотвратить вращение корпуса в процессе оплавления.

Апертуры для теплоотвода/"земляного" слоя должны быть уменьшены от 50% до 80% от площади "земляного" слоя. Это можно осуществить за счет размещения апертур в виде "оконных стекол", как показано на рисунке 3-10.

Если в "земляном" слое платы выполнены переходные отверстия, рекомендуется при проектировании трафарета располагать стенку/перемычку трафарета над отверстием во избежание прямого попадания паяльной пасты в переходное отверстие. Затекание припоя в переходные отверстия может помешать покрыть паяльной пастой большую часть (> 50%) "земляного" слоя платы.

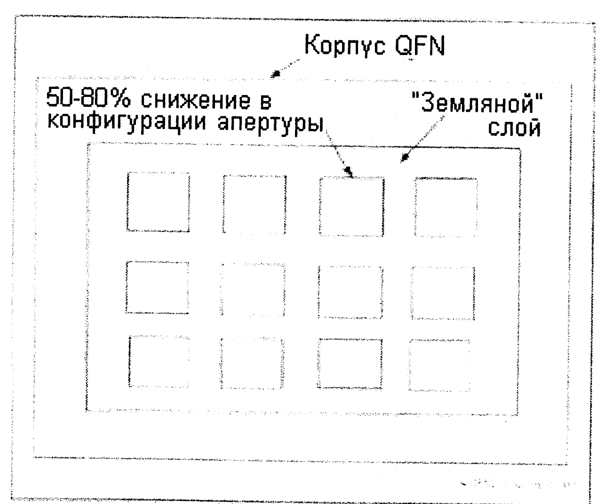


Рисунок 3-10 Конфигурация "Оконные стекла" для "земляного" слоя

3.2.3 Размеры апертуры по отношению к размерам площадок платы для бессвинцовой паяльной пасты В качестве общего правила конструирования можно рекомендовать максимальное приближение размеров апертур к размерам контактных площадок платы. Это делается для обеспечения полного покрытия площадки припоем после оплавления. Допустимо небольшое уменьшение размера (например, 0.5 мил (0.0127 мм) на сторону площадки), так как вдавливание компонента в паяльную пасту приведет к выдавливанию пасты и полному покрытию площадки. Уменьшение размера апертуры для

"земляной" площадки компонентов QFN или LCC является исключением и в данном случае желательно. Скругление углов также допустимо, так как это снижает вероятность залипания паяльной пасты в острых углах апертур.

3.2.3.1 Компоненты поверхностного монтажа с выводами Для компонентов поверхностного монтажа (ПМИ) с выводами, например, компоненты J-типа или типа «крыло чайки» с шагом 1,3-0,4 мм, уменьшение обычно составляет 0.254 мм (1 mil) по ширине и без уменьшения по длине.

3.2.3.2 Пластиковые BGA Без уменьшений в апертуре по сравнению с площадкой.

3.2.3.3 Керамические BGA Керамические BGA требуют определенного объема паяльной пасты для обеспечения долговременной надежности паяного соединения. Для компонентов с шариковыми выводами требуется больший объем пасты, чем для компонентов со "столбчатыми" выводами. Обратитесь к стандарту IPC-7095 для ознакомления с требованиями по объему пасты для этих корпусов.

3.2.3.4 BGA с малым шагом и CSP Квадратная апертура со стороной квадрата равной диаметру площадки на плате. Квадраты должны иметь скругленные углы. Рекомендуется скругление углов радиусом 0,06 мм для квадрата 0,25 мм и 0,09 для квадрата 0,35 мм. Квадратная апертура со скругленными углами должна находиться в границах паяльной маски.

3.2.3.5 Чип-компоненты - резисторы и конденсаторы

Для снижения вероятности появления шариков припоя эффективны несколько видов геометрии. Все эти конфигурации служат для предотвращения вытеснения излишков паяльной пасты под корпус чип-компонента. Самые распространенные из них показаны на рис. 3-9 (та же конфигурация апертур, что и у диода MELF) - С-образная апертура. Эта апертура снижает количество паяльной пасты под чип-компонентом, но обеспечивает покрытие пастой контактных площадок по внешней стороне.

3.2.3.6 Компоненты MELF, Mini-MELF Для компонентов MELF и Mini-MELF предлагаются апертуры, имеющие форму буквы "С" (см. рисунок 3-9). Размеры этих апертур должны проектироваться так, чтобы соответствовать геометрии выводов компонента. Их конфигурацию можно также использовать и для чип-компонентов.

3.2.2.7 Компоненты QFN/LCC Размеры апертуры для площадок с выводами либо идут без уменьшений, либо имеют стандартное небольшое уменьшение 0.254 мм по ширине и без уменьшений по длине, за исключением угловых апертур. Угловые апертуры должны быть в 1.25 - 1.5 раза шире площадок платы, чтобы предотвратить вращение корпуса в процессе оплавления.

Апертуры для теплоотвода/"земляного" слоя должны быть уменьшены от 50% до 80% от площади "земляного" слоя. Это можно осуществить за счет размещения апертур в виде "оконных стекол", как показано на рисунке 3-10.

3.2.4 Апертура для нанесения клея под чип-компоненты Трафарет для клея обычно имеет толщину 0,15-0,20 мм. Апертура под клей помещается в центр между контактными площадками компонента. Она занимает 1/3 пространства между площадками и имеет ширину, равную 110 % ширины компонента (см. рисунок 3-11).

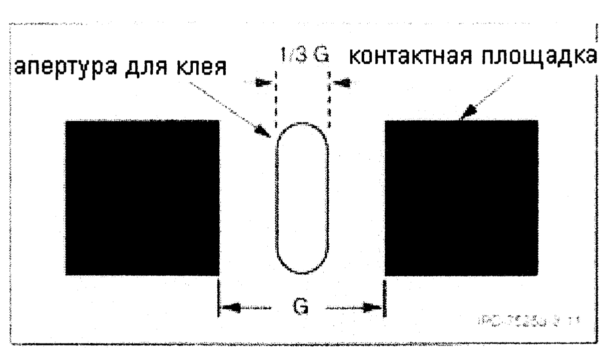


Рисунок 3-11 Апертура в трафарете для клея

3.2.5 Апертура для нанесения клея под комбинацию чип-компонентов и компонентов с выводами Чип-компонентам с типовым зазором 0.102 - 0.127 мм требуется трафарет 0.150 - 0.200 мм, но устройства с выводами имеют намного большие зазоры: 0.381 мм - свыше 0.762 мм. В этом случае требуется трафарет с большей толщиной. На рисунке 3-12 показаны зазоры для типовых чип-компонентов и компонентов с выводами. Клей оставляет другой отпечаток по сравнению с пастой за счет того, что уменьшает апертуру: определенная высота столбика клея берется из апертуры для клея. На рисунке 3-13 показан трафарет толщиной 0.381 мм с маленькой апертурой для печати размером 0.150 мм и большой апертурой для печати клеем размером 0.381 мм. Если требуются более высокие клеевые отпечатки (например, 0.762 мм), можно использовать особый трафарет с резервуаром для клея. Такой трафарет изображен на рисунке 3-14.

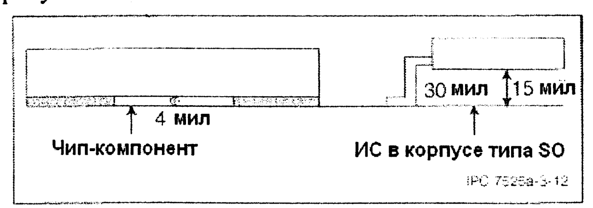


Рисунок 3-12 Чип-компоненты и ИС в корпусе типа SO на плате

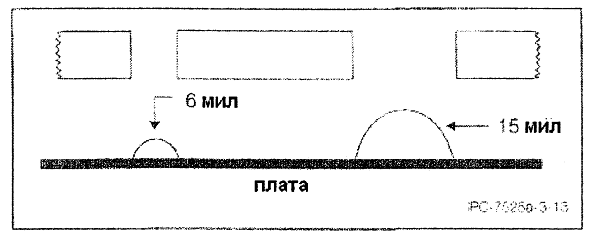


Рисунок 3-13 Режим печати Print Only для трафарета толщиной 15 мил

3.3 Смешанная технология: Поверхностно-монтируемые изделия (ПМИ) / изделия монтажа в отверстия (ИМО) (интрузивная пайка) Если на печатном узле есть компоненты типов ПМИ и ИМО, то желательно иметь процесс, который позволял бы:

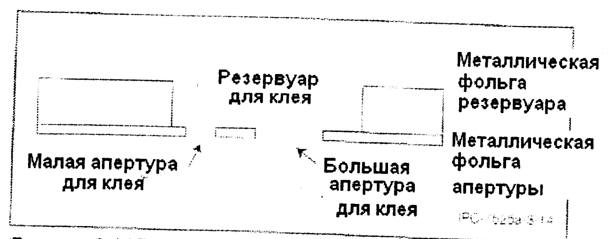


Рисунок 3-14 Трафарет для клея с резервуаром для клея

(1) наносить через трафарет паяльной пасту под оба типа компонентов,

(2) устанавливать на поверхность или в монтажные отверстия печатной платы оба типа компонентов

(3) одновременно оплавлять оба типа компонентов.

Задачей трафаретной печати паяльной пасты для процесса интрузивной пайки является обеспечение достаточного объема припоя при оплавлении для заполнения отверстий и образования приемлемых галтелей вокруг выводов. В таблице 3-2 приведены технологические допуски типового процесса интрузивной пайки.

3.3.1 Объем паяльной пасты Необходимый объем паяльной пасты (пример на рисунке 3-15) рассчитывается с помощью приводимого ниже простого уравнения. Желательно оставлять металлизированную площадку вокруг сквозного отверстия минимально возможного размера. Также необходимо оставлять минимально возможными просвет между выводом и отверстием и длину вывода компонента. Это условие обеспечит требуемый объем паяльной пасты. Ниже перечислены три конфигурации трафаретов, применяемых для заполнения отверстий пастой:

(1) Бесступенчатый трафарет

(2) Ступенчатый трафарет

(3) Трафарет для нанесения пасты в два этапа

$$V = T_s (L_o \times Wo) = (1/S) \{T_B (A_H - A_P) + (F_T + F_B) + V_P) - V_H$$

В уравнении:

- V – необходимый объем паяльной пасты
- V_p – объем припоя, остающийся сверху и/или снизу контактных площадок металлизированного отверстия
- S – коэффициент усадки паяльной пасты
- A_H – площадь сечения монтажного отверстия
- A_P – площадь сечения вывода
- T_B – толщина платы
- $F_T + F_B$ – общий необходимый объем припоя галтели
- T_s – толщина фольги трафарета
- L_o – длина апертуры при избыточной печати
- L_P – длина контактной площадки
- W_o – ширина апертуры при избыточной печати
- W_P – ширина контактной площадки
- V_H – паста, заполняющая отверстие при печати

Примечание: Объем паяльной пасты, заполняющей отверстие, может меняться от 0 до 100 % в зависимости от настройки устройства трафаретной печати. Эффективность головок нанесения, содержащих пасту, достигает 100%, в то время как металлические ракели при большем угле атаки и больших скоростях печати будут заполнять отверстие минимальным количеством пасты.

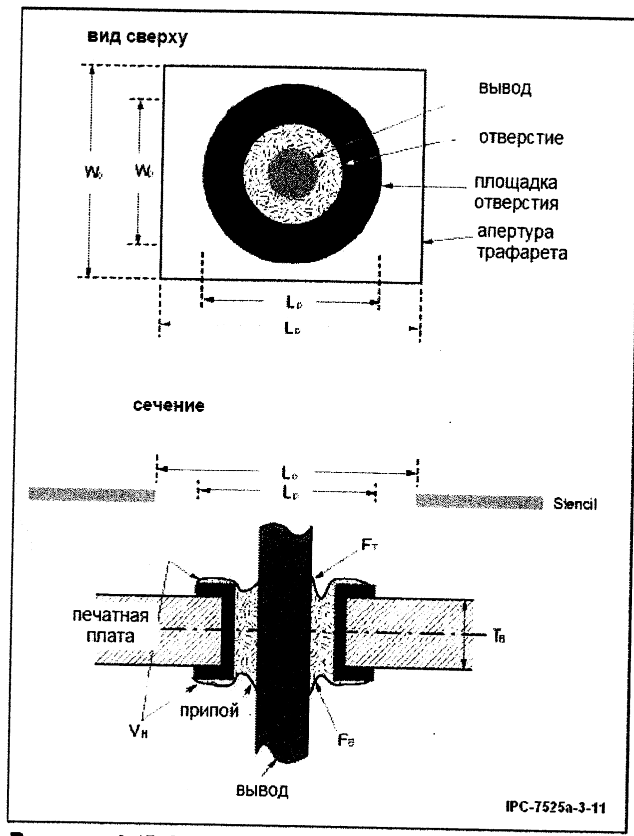


Рисунок 3-15 Объем паяльной пасты для отверстия

3.3.1.1 Бесступенчатые трафареты Этот тип трафарета выбирают в случае, когда он позволяет наносить достаточное количество паяльной пасты для заполнения сквозных отверстий. Сечение трафарета данного типа показано на рисунке 3-16.

Таблица 3-2 Допуски процесса интрузивной пайки

	Верхний предел	Оптимально
Диаметр отверстия	0,65-1,60 мм [25.6-63.0 мил]	0,75-1,25 мм [29.5-49.2 мил]
Диаметр вывода	Диаметр отверстия минус 0,075 мм [2.95 мил]	Диаметр отверстия минус 0,125 мм [4.92 мил]
Избыточная печать	6,35 мм [250 мил]	<4,0 мм [157 мил]
Толщина трафарета	0,125-0.635 мм [4.92-25.0 мил]	0,15 мм [5.91 мил], 0,20мм [7.87 мил] для малого шага

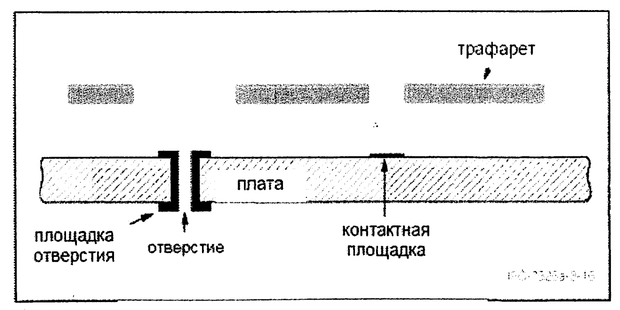


Рисунок 3-16 Бесступенчатый трафарет

Например, данный тип трафарета может использоваться для монтажа двухрядных разъемов с шагом отверстий 2,5 мм при их диаметре 1,1 мм, диаметр выводов 0,9 мм, толщина платы 1,2 мм и отсутствие других компонентов на расстоянии 3,8 мм вблизи отверстий. Достаточное количество пасты может обеспечить трафарет с апертурой шириной 2,2 мм и длиной 5,1 мм при толщине фольги трафарета около 0,15 мм.

3.3.1.2 Ступенчатые трафареты Если печатная плата толще, отверстие больше или вывод меньше, потребуется больший объем паяльной пасты. В этом случае необходим ступенчатый трафарет, чтобы обеспечить достаточный объемом паяльной пасты для ИМО без нанесения излишнего количества на контактные площадки для ПМИ. Пример трафарета этого типа показан на рисунке 3-17. Kl и K2 – это предохранительные интервалы. K2 - это расстояние между апертурой отверстия и краем ступеньки. Рекомендуемая величина K2 равна 0,65 мм. Kl – это расстояние от края ступеньки до ближайшей апертуры для ПМИ на плоскости за ней. Рекомендуемая величина Kl составляет 0,9 мм на каждые 0,025 мм уменьшения толщины трафарета. Для простоты можно принять, что Kl должна быть в 36 раз больше высоты ступеньки. Например, снижение толщины фольги трафарета с 0,2 мм до 0,15 мм потребует установить расстояние Kl равным 1,8 мм. Возможно также размещение ступеньки на контактной стороне трафарета с печатной платой, а не на стороне контакта с ракелем, как показано на рисунке 3-18. Этот тип ступеньки иногда более удобен при использовании металлических ракелей и особенно рекомендуется при использовании систем нанесения паяльной пасты типа Proflow. Расстояния K1 и K2 те же, что и в первом случае.

При размещении ступеньки на контактной стороне фольги убедитесь, что вблизи края зоны ступеньки нет никаких компонентов с очень малым шагом.

3.3.1.3 Трафарет для нанесения пасты в два этапа Некоторые компоненты, монтируемые в отверстия, имеют малые выводы при больших отверстиях, или плотное размещение на толстых платах. В обоих случаях применение первых двух конструкций трафарета не обеспечивает достаточный объем паяльной пасты. Трафарет для нанесения пасты в два этапа может обеспечить попадание больших количеств пасты в сквозные отверстия. В этом случае через обычный трафарет толщиной 0,15 мм наносится паста под компоненты поверхностного монтажа.

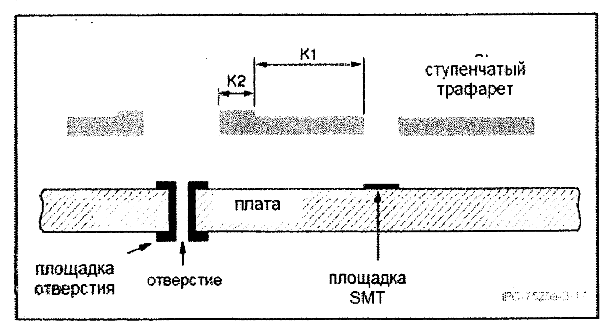


Рисунок 3-17 Ступенька на стороне прохода ракеля

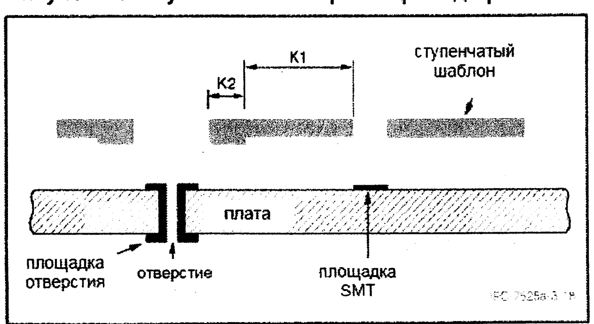


Рисунок 3-18 Ступенька на стороне контакта с платой

Пока паста, нанесенная под компоненты поверхностного монтажа, сохраняет клейкость, через толстый трафарет наносится паяльная паста в отверстия. При этом потребуется установка в линию второго автомата трафаретной печати. Трафарет может быть любой толщины, однако типовое значение составляет от 0,4 до 0,75 мм. При толщине трафарета менее 0,5 мм применяют лазерную резку апертур с электрополировкой, что обеспечивает лучшее отделение пасты и повышает качество печати за счет отличной геометрии стенок. Контактная сторона такого трафарета рельефно вытравливается на глубину 0,25 мм в местах, совпадающих с нанесенными ранее оттисками пасты под компоненты поверхностного монтажа. Сечение трафарета для повторной печати показано на рисунке 3-19.

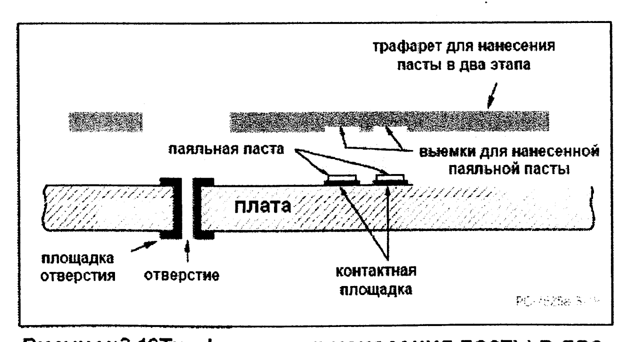


Рисунок 3-19 Трафарет для нанесения пасты в два этапа

3.4 Смешанная технология: поверхностный монтаж/ Flip Chip

Примером применения этой технологии является карта PCMCIA, имеющая Flip Chip, TSOP, и чип-компоненты. Желательно разместить Flip Chip и ПМИ на плате и произвести пайку одновременно.

3.4.1 Трафарет для нанесения пасты в два этапа под ПМИ /Flip Chip

Эту задачу может выполнить трафарет для нанесения пасты в два этапа. Первым шагом данного процесса является нанесение паяльной пасты или флюса на контактные площадки печатной платы для установки Flip Chip компонента. Трафарет обычно имеет толщину 0,05 или 0,075 мм с апертурами от 0,13 до 0,18 мм. Пока паяльная паста для Flip Chip сохраняет клейкость, наносится паяльная паста через трафарет для поверхностного монтажа. Такой трафарет может иметь, например, толщину 0,18 мм с углублениями порядка 0,10 мм в местах, где находится паста/флюс для Flip Chip. Пример трафарета для нанесения пасты в два этапа для этого применения показан на рисунке 3-20.

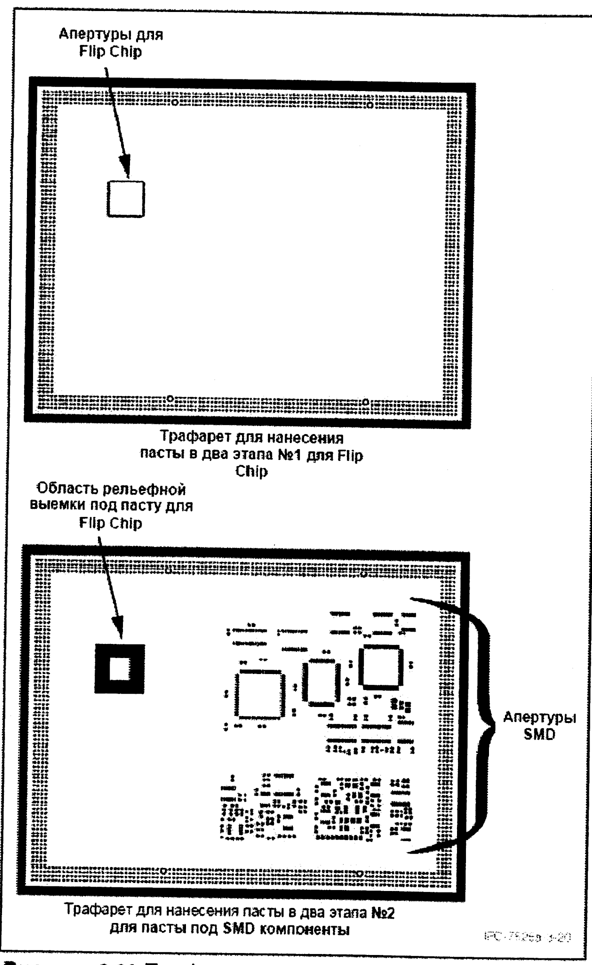


Рисунок 3-20 Трафарет для нанесения пасты в два этапа для смешанной технологии

3.5 Конструкция ступенчатого трафарета

Имеется несколько областей применения, где был бы полезен трафарет с переменной толщиной. Конструкции таких трафаретов приведены ниже.

3.5.1 Трафарет с уменьшением толщины

Этот тип трафарета полезен, когда необходимо нанесение пасты для компонентов с малым шагом при помощи более тонкого трафарета, но для других компонентов нужен более толстый трафарет. Например, это может быть BGA с шагом 0,5 мм, для которого нужен трафарет толщиной 0,1 мм для достижения оптимальных отношения площадей более 0,66, но для других компонентов на той же плате нужна толщина от 0,13 до 0,15 мм. Конструкция трафарета должна предусматривать область со ступенькой до толщины 0,1 мм на участке BGA при толщине остальной фольги трафарета 0,15 мм. Ступенька может находиться на стороне контакта с ракелем или на стороне контакта с платой. См. 3.3.1.2 с рекомендациями по расстояниям K1 и K2.

3.5.2 Трафарет с увеличением толщины Этот тип трафаретов применяется при нанесении толстого слоя пасты на небольшом участке трафарета. Пример – керамический BGA, которому нужен слой пасты 0,2 мм для обеспечения компланарности шариковых выводов, но для всех остальных компонентов поверхностного монтажа достаточно 0,15 мм. В этом случае толщина фольги увеличивается с 0,15 мм до 0,2 мм в области размещения керамического BGA. Другим примером является разъем, монтируемый в отверстия, требующий дополнительного объема паяльной пасты. В этом случае фольга трафарета может иметь толщину 0,15 мм везде за исключением области разъема, где она может быть равной 0,3 мм.

3.5.3 Ступенчатый трафарет для применения головки для нанесения пасты Как правило, высота ступеньки не превышает 0,05 мм.

3.5.4 Трафарет с рельефной гравировкой У этого типа трафаретов имеются рельефные ступенчатые выемки на стороне контакта с платой. Существует несколько областей применения, где рельефный трафарет оказывается полезным. Например:

- Выемка для штрих-кода на плате. Толщина фольги может быть равной 0,15 мм с выемкой 0,08 мм для метки штрих-кода.
- Выемки для тестовых отверстий. Фольга трафарета имеет выемки по всем выступающим тестовым отверстиям, что позволяет трафарету прилегать к плате всей плоскостью.
- Трафарет для нанесения пасты в два этапа. Этот трафарет имеет глубокие рельефные выемки в областях, где предварительно была нанесена паста под компоненты поверхностного монтажа (см. 3.3.1.3 и 3.4.1.) Примером такого трафарета может служить трафарет толщиной 0,5 мм для нанесения пасты внутрь и вокруг сквозных отверстий со ступенькой рельефа высотой 0,3 мм на стороне контакта с платой для предохранения ранее нанесенной паяльной пасты под компоненты поверхностного монтажа.
- Использование устойчивых к воздействию припоя пьедесталов по углам керамических компонентов. Выемки на фольге трафарета обеспечивают хорошее прилегание. Зазор для керамических безвыводных компонентов может быть увеличен, что способствует очистке под компонентом и увеличивает длину паяного соединения.

3.6 Реперные знаки В зависимости от размещения системы технического зрения реперные знаки размещают на стороне контакта с ракелем или на стороне контакта с платой и гравируют или заполняют черной краской для контраста. Обычно это твердые, круглые точки диаметром от 1,0 до 1,5 мм. Могут быть углубленными наполовину, выгравированными с помощью лазера или вытравленными в трафарете насквозь.

3.6.1 Глобальные реперные знаки Реперные знаки, размещаемые на расстоянии минимум 5 мм от углов платы в трех местах.

3.6.2 Локальные реперные знаки Реперные знаки, размещенные вблизи сложных компонентов, например, корпусов QFP с малым шагом, полезны в случае автоматической установки компонентов, но бесполезны при трафаретной печати. Для процесса трафаретной печати лучше всего подходят реперные знаки, расположенные на максимальном расстоянии друг от друга.

4 ПРОИЗВОДСТВО ТРАФАРЕТОВ

4.1 Фольги Нержавеющая сталь является предпочтительным материалом для технологий химического травления и лазерной резки. Могут быть применены и другие металлы, а также пластики. Для гальванопластики предпочтительными являются твердые сплавы никеля.

4.2 Рамы Обращайтесь к руководству по эксплуатации от производителей устройств трафаретной печати, чтобы узнать необходимые размеры рам. Рамы могут изготавливаться из трубчатого профиля или литого алюминия с сеткой для натяжения трафарета, закрепляемой с помощью клея. Иногда фольга монтируется на натяжном шаблоне, и тогда не нужны сетка или неразъемное крепление фольги на раме.

4.3 Сетка для натяжения трафарета Стандартным материалом является полиэстер; нержавеющая сталь – по желанию.

4.4 Методы изготовления трафаретов В процессе изготовления трафаретов могут применяться аддитивные или субтрактивные методы. В аддитивных процессах типа гальванопластики происходит осаждение металла, который образует фольгу трафарета. В субтрактивных процессах происходит удаление металла из фольги для создания апертур. Примерами субтрактивных процессов являются лазерная резка и химическое травление.

4.4.1 Химическое травление При химическом травлении используется фоторезист, наносимый с обеих сторон фольги, обрезанной по размерам рамы. Для переноса образа апертур на трафарет применяется двухсторонний фотошаблон, точно совмещенный по направляющим штифтам. Образы апертур, экспонируемые на резисте, имеют меньшие размеры по сравнению с требуемыми с учетом коэффициента бокового подтравливания. Этот коэффициент описывает величину бокового растрава, возникающего по мере проникновения химических реактивов в глубь металлической фольги. Затем проэкспонированный резист проявляют, оставляя открытый металл в местах расположения апертур. При травлении обеих сторон металлической фольги жидкими реактивами образуются намеченные апертуры. Затем остатки фоторезиста удаляются, и фольга трафарета готова.

Химическое травление также применяется для зон с увеличением или уменьшением толщины трафарета, для стандартных трафаретов (не включающих трафареты с аддитивной обработкой). Такая обработка необходима для обеспечения гладкой поверхности для валика пасты и улучшения очистки трафарета ракелями в зоне образования ступеньки.

4.4.2 Лазерная резка Лазерная резка трафаретов осуществляется согласно данным, передаваемым программному обеспечению лазерного оборудования. В отличие от трафаретов, изготовленных химическим травлением, фотошаблоны не нужны. Сужающиеся стенки апертур являются неотъемлемым свойством этих трафаретов. Если специально не оговорено, то размеры апертур на стороне контакта с платой должны быть больше, чем со стороны контакта с ракелем (см. 4.4.5). Лазерная резка также может быть выполнена по каптону.

4.4.3 Гальванопластика Гальванопластика представляет собой аддитивный метод изготовления трафарета. Используются фоторезист и электрохимическое осаждение металла. Фоторезист наносится на металлическую матрицу. Толщина резиста больше требуемой толщины готового трафарета. После экспонирования и проявления в нужных местах образуются столбики резиста, имеющие форму апертур. Матрица со столбиками на ней помещается в ванну для никелирования, где происходит электроосаждение никеля на матрицу. При достижении требуемой толщины трафарета матрица извлекается из ванны. В заключении удаляются столбики резиста, и никелевая фольга трафарета отделяется от матрицы.

4.4.4 Гибридные трафареты При наличии на плате компонентов, имеющих стандартный и малый шаг, процесс изготовления трафарета может сочетать лазерную резку и химическое травление. Получаемые трафареты называют лазерно-химическими комбинированными, или гибридными трафаретами.

4.4.5 Трапециевидные апертуры Для улучшения отделения паяльной пасты могут использоваться трапециевидные апертуры. В процессах химического травления может быть указан размер трапецеидальности Z (см. рисунок 4-1). Для процессов лазерной резки и гальванопластики трапециевидность апертуры является неотъемлемым свойством. Размеры можно узнать у поставщиков трафаретов.



Рисунок 4-1 Трапецевидные апертуры

4.4.6 Дополнительные возможности Для снижения трения пасты с боковыми стенками и с целью облегчения отделения паяльной пасты от стенок апертур в некоторых методах производства трафаретов может потребоваться дополнительная обработка поверхности стенок апертур. Выбор дополнительных возможностей таков:

- *Полировка:* *субтрактивный процесс. Возможна химическая или электрополировка.*
- *Никелирование:* аддитивный процесс нанесения тонкого слоя никеля на трафарет.

5 МОНТАЖ ТРАФАРЕТА

5.1 Расположение образа на трафарете Образ платы размещается на фольге по центру или со смещением. Для ориентировки используются угловые метки или контур платы. Для центрирования должны использоваться имеющийся образ платы или глобальные реперные знаки. При размещении на трафарете более одной платы или панели рекомендуется оставить расстояние не менее 50 мм между образами.

5.2 Центровка Рекомендуется центрировать трафарет относительно рамы для получения наиболее однородного механического натяжения и качественных результатов трафаретной печати. Образ может быть расположен со смещением для удовлетворения специфических требований оборудования трафаретной печати.

5.3 Дополнительные рекомендации по конструированию

При отсутствии специальных требований дополнительные рекомендации к конструкции таковы:

- Рекомендуется оставить сетку для натяжения трафарета шириной не менее 20 мм между краями рамы и металла.
- Для обеспечения накопления паяльной пасты и достаточного хода ракеля предлагается оставить не менее 50 мм от внутреннего края клеевой сетки до края образа.

6 ЗАКАЗ ТРАФАРЕТА

Информация о трафарете обычно передается между потребителем и поставщиком при помощи бланка заказа (или ведомости), разработанного поставщиком. Файл данных, типы материалов, методы изготовления и особые требования – вот типичные примеры того, что включается в бланк заказа (см. приложение А).

7 КОНТРОЛЬ / ПОДТВЕРЖДЕНИЕ КАЧЕСТВА ТРАФАРЕТА ПОТРЕБИТЕЛЕМ

Потребителям рекомендуется, получив трафарет от поставщика, подготовить формуляр технического контроля для того, чтобы удостоверить качество изготовления трафарета и отсутствие повреждений, возникших при транспортировке. При проверке поступившего трафарета можно воспользоваться следующими методическими рекомендациями:

- Фольга должна быть проверена на наличие химической коррозии.
- Фольга должна быть проверена на наличие повреждений от небрежного обращения (т.е. вмятин, царапин, раковин в металле).
- Должно быть проверено натяжение сетки.
- Должно быть проверено расстояние между расположением образа и рамой (следует руководствоваться спецификацией производителя устройства трафаретной печати). Печатная плата или прозрачное изображение платы (например, лавсановая пленка с нижней подсветкой) должны быть совмещены с образом трафарета для проверки расстояния между платой и краем рамы трафарета.
- Должно наблюдаться полное совпадение образа трафарета и изображения на печатной плате. Изменения размеров и/или формы апертур должны быть подтверждены.
- Следует проверить качество приклеивания сетки для натяжения трафарета к фольге и убедиться в отсутствии повреждений в результате неправильного обращения.
- Необходимо проверить размеры, тип, плоскостность и др. характеристики рамы.
- Должны быть проверены серийный номер и номер модификации, вытравленные или выгравированные на трафарете.
- Следует проверить толщину фольги трафарета.
- На ступенчатом трафарете необходимо проверить точность уровня ступеньки.
- Следует проконтролировать качество и расположение реперных знаков (на соответствующей стороне трафарета).
- Следует проверить чистоту трафарета, на трафарете не должно быть пуха, волокон или крупинок.

8 ОЧИСТКА ТРАФАРЕТА

Тщательная установка и очистка трафарета помогают обеспечить долговременное использование и повторяемость результатов трафаретной печати. Процессы очистки должны быть совместимыми с материалами, применяемыми при производстве трафаретов. Необходимы взаимные консультации производителей паст и клеев, изготовителей трафаретов и производителей оборудования для очистки, поскольку очистка может повлиять на срок службы трафаретов, сохранность реперных знаков и качество клеевой кромки.

9 ОКОНЧАНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ

Периодически следует проверять трафареты на отсутствие повреждений, которые могли бы способствовать снижению эффективности трафаретной печати. Обратитесь к разделу 7 за рекомендациями по контролю.

Пользователи приглашаются оставить свои рекомендации на основе своего опыта использования трафаретов, позволяющие продлить их срок службы. Комитет особенно интересуют проверенные методы измерения натяжения на трафарете после его использования. Они обязательно будут учитываться в последующих редакциях данного документа.

последняя страница документа Вф 25.06.08